مقاله پژوهشی

مجله سلول و بافت (علمی - پژوهشی)
جلد ٤، شماره ٣، پاییز ١٣٩٢، ٢٨٥-٢٧٥

بررسی تاثیر سیلیکون بر برخی پارامترهای آناتومیکی و فیزیولوژیکی گیاه گاوزبان دارویی (*Borago officinalis* L.) در شرایط هیدروپونیک

فیروزه ترابی. Ph.D. student[1*]، احمد مجد .Ph.D[2و1]، شکوفه انتشاری .Ph.D [3] ، سعید آیریان .Ph.D [1]

١- گروه علوم‌گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران
٢- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران- شمال
٣- گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ١٩٣٩٥-٤٦٩٧، تهران
* پست الکترونیک نویسنده مسئول: firouzeh.torabi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ١٣٩١/٩/٢٦ تاریخ پذیرش: ١٣٩٢/٢/١٧

چکیده

هدف: بررسی فاکتورهای مختلف بر بهبود رشد و نمو گیاهان دارویی از اهمیت زیادی برخوردار است. ازجمله این فاکتورها عناصر معدنی می‌باشند. هدف از این تحقیق تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر خصوصیات آناتومیکی و برخی پارامترهای رشد گیاه گاوزبان دارویی در شرایط کشت هیدروپونیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر خصوصیات آناتومیکی اپی‌درم وسلول روزنه و برخی پارامترهای رشد گیاه گاوزبان ازجمله سنجش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و مقدار پرولین بررسی شد. بدین منظور آزمایشی به صورت طرح کاملا تصادفی با اعمال سطوح مختلف سیلیکون شامل ٠، ٠/٥، ١، ١/٥، ٢ و٢/٥ میلی‌مولار در چهار تکرار به‌صورت کشت هیدروپونیک در شرایط گلخانه اجرا شد.

نتایج: نتایج نشان داد که گیاهانی که تحت تیمار ١/٥ میلی‌مولار سیلیکون بودند بیشترین طول و عرض روزنه و شاخص روزنه نسبت به شاهد و دیگر تیمارها داشتند. همچنین تیمار ١/٥ میلی‌مولار سیلیکون تاثیرات مثبتی بر وزن تر اندام هوایی و محتوای کلروفیل‌کل نشان داد. با این وجود غلظت‌های بالای سیلیکون تأثیر منفی در رشد و صفات آناتومیکی گیاه داشت.

نتیجه گیری: بر اساس بررسی نتایج پارامترهای فیزیولوژیکی و آناتومیکی، اثرات مثبت سیلیکون بر گیاه گاوزبان تنها در غلظت مناسب و قابل تحمل برای گیاه مشاهده می‌شود.

واژگان کلیدی: سیلیکون، کشت هیدروپونیک، گاوزبان دارویی (*Borago officinalis* L.)

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

گاوزبان دارویی (*Borago officinalis* L.) گیاهی از خانواده بوراژیناسه، علفی، یکساله و بومی اروپا، آفریقای شمالی و آسیای صغیر است. این گیاه در سراسر دنیا و ازجمله ایران کشت می‌شود و حاوی مواد موسیلاژی، تانن و ترکیبات فنولی و نیز مقدار کمی آلکالوئید است به‌طوری که به‌عنوان یکی از منابع اصلی اسیدهای چرب به‌شمار می‌رود و از آن به‌عنوان غنی‌ترین منبع شناخته شده برای گامالینولئیک‌اسید یاد می‌شود. گامالینولئیک‌اسید یکی از اسیدهای چرب نادر در گیاهان است که عموما به‌عنوان مکمل‌های غذایی و دارویی برای درمان بیماری‌های قلبی، دیابت و ورم مفاصل و بسیاری از بیماری‌های دیگر استفاده می‌شود (۱). سیلیکون دومین عنصر فراوان خاک بعد از اکسیژن می‌باشد و سیلیکون‌دی‌اکسید ۵۰ تا ۷۰ درصد از توده خاک را به‌خود اختصاص داده است. همه گیاهانی که ریشه در خاک دارند مقداری سیلیکون در بافت‌هایشان یافت می‌شود (۲). نقش این عنصر در رشد و نمو گیاهی از زمان آغاز قرن بیستم بیشترحائز اهمیت شد (۲و۳). تاکنون سیلیکون به‌عنوان عنصر ضروری برای رشد گیاه در نظر گرفته نشده است، ولی نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های مزرعه‌ای، گلخانه‌ای و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که این عنصر بر رشد و عملکرد گیاهانی مانند گندم (۴) گوجه فرنگی (۵) ذرت (۶) ژربرا و آفتابگردان (۷و۸) تاثیر مثبت دارد. همچنین Trenholm و همکاران (۹) گزارش کردند که کاربرد سیلیکون باعث بهبود رنگ برگ و تراکم گیاه چمن پاسپالوم شده و پاخوری آن را از طریق تثبیت پلی‌مرهای پلی‌ساکاریدی و لیگنینی در دیواره سلولی بهبود می‌بخشد. همچنین کاربرد سیلیکون در گیاه لوبیا چشم بلبلی باعث افزایش استحکام ساقه گل‌دهنده می‌شود (۱۰). مصرف کودهای حاوی سیلیکون در خاک از دو طریق بر رشد و نمو تاثیر دارد. اول این که بهبود تغذیه سیلیکون موجب تقویت سیستم حفاظتی‌گیاه در برابر بیماری‌ها، حمله حشرات و شرایط نامساعد محیطی می‌شود. از سوی دیگر تیمار کردن خاک با ترکیبات حاوی سیلیکون فعال از نظر ژئوشیمیایی سبب بهبود وضعیت آب در خاک، بهبود ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه شده و از این طریق حاصل‌خیزی خاک را افزایش می‌دهد (۲). براساس نتایج پژوهش‌های دانشمندان، اثرات این عنصر در شرایط تنش بیشتر به چشم می‌خورد، زیرا سیلیکون توانایی آن را دارد که گیاهان را در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی چندگانه محفوظ نگه دارد. تحقیقات نشان داده است که سیلیکون تنش‌های غیرزیستی شامل تنش‌های شیمیایی (نمک، سمیّت فلزات و عدم تعادل غذایی) و تنش‌های فیزیکی (بارگیری، خشکی، دمای بالا، فریز و اشعه ماوراء بنفش) را کاهش می‌دهد (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴و۱۵). از طرف دیگر سیلیکون یک عنصر ضروری برای جانوران است و در بدن انسان نیز در شکل‌گیری استخوان و بافت همبند نقش دارد (۱۶). با وجود گزارشات متعدد در مورد نقش سیلیکون بر کاهش اثرات تنش‌های زیستی و غیرزیستی در گیاهان، به نظر می‌رسد بررسی کاربرد سیلیکون درگیاهان در شرایط طبیعی گیاه به قضاوت در مورد نقش سیلیکون در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش کمک می‌کند. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی غلظت‌های مختلف سیلیکون بر رشد گیاه گاوزبان دارویی در شرایط کشت هیدروپونیک و بررسی اثرات مفید (یا مضر) آن برخصوصیات آناتومیکی و نموی گیاه گاوزبان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

بذرهای گیاه گاوزبان دارویی (*Borago officinalis* L.) از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. آزمایشات این تحقیق درشرایط کشت گلخانه انجام شد. بذرها پس از ضدعفونی توسط قارچ کش بنومیل و شستشو با آب مقطر برای جوانه‌زنی به ظرف ماسه شسته شده انتقال داده شد. پس از جوانه‌زدن، تغذیه بوته‌ها تا مرحله دو برگی به‌وسیله آب مقطر و محلول غذایی پایه لانگشتاین یک دوم به‌صورت متناوب انجام گرفت. بعد از رشد دومین برگ، گیاهچه‌ها به ظروف پلی‌اتیلنی غیرقابل نفوذ به نور با حجم ۱/۵ لیتر حاوی محلول غذایی پایه لانگشتاین تغییریافته (۱۷) که غلظت عناصر پر مصرف بر حسب میلی‌مولار H_2PO_4، ۰/۲؛ $Ca(NO_3)_2$، ۲/۵؛ $CaCl_2$، ۵؛ $MgSO_47H_2O$، ۰/۶؛ K_2SO_4 ، ۱؛ و عناصر کم مصرف بر حسب میکرومولار H_3BO_3، ۱؛ FeEDTA، ۲۰۰؛ $MnSO_4H_2O$، ۲؛ $ZnSO_4$، ۰/۵؛ $CuSO_4$، ۰/۳؛ Na_2MoO_4، ۰/۰۰۵؛ بود، منتقل شدند. پس از طی مدت ۱۰ روز و رشد گیاهان تا مرحله ۴ برگی، تیمار سیلیکون اعمال گردید. تحقیق حاضر با استفاده از تیمار سیلیکون (Sigma-Na_2SiO_3) در شش سطح ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ میلی‌مولار و با چهار تکرار و تعداد ۲ بوته در هر تکرار انجام شد. در مجموع گیاهان به مدت ۳۵ روز در محلول غذایی و تیمار باقی ماندند. هوادهی ظروف کشت به صورت روزانه صورت گرفت و در طول مدت کشت هر هفته محلول غذایی تعویض شد. میانگین درجه

www.SID.ir
Archive of SID

حرارت محیط گلخانه در طی دوره آزمایش در شب ۳ ± ۲۱ و در روز ۳ ± ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۵ درصد بود. pH محلول غذایی بین ۶/۵ تا ۷ تنظیم گردید.

مطالعات میکروسکوپ نوری: برای مطالعات میکروسکوپی اپی‌درم و روزنه، توسط اسکالپل قطعاتی از اپی‌درم یک لایه برگ جدا شده و برروی لام قرار گرفت. ابتدا توسط میکروسکوپ نوری (Olympus) مجهز به دوربین عکاسی از نمونه‌های اپی‌درم تهیه و سپس توسط نرم افزارMicro measure 3.3 صفات ریختی روزنه شامل طول و پهنای روزنه بر حسب میکرون اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص روزنه از فرمول زیر استفاده گردید (۱۸):

$$SI= [(S/E+S)]*100$$

E تعداد سلول‌های اپی‌درمی در واحد سطح (میلی‌متر مربع) برگ، S تعداد روزنه در واحد سطح (میلی‌متر مربع) و SI شاخص روزنه است.

بررسی فراساختار برگ با میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM): قطعاتی از برگ گیاه گاوزبان ابتدا در تثبیت‌کننده FAA به مدت ۱۲ ساعت تثبیت شدند، سپس شستشوی نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت با آب جاری و سپس آب‌گیری با بردن آن‌ها به درجات افزایشی اتانول انجام شد. این نمونه‌ها به کمک چسب مخصوص به پایه کوچک فلزی چسبانده شدند و با استفاده از روش P.V.D نشاندن طلا روی آن‌ها انجام شد. مشاهده و عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی نگاره KYKY-3200 صورت گرفت (۱۹).

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل و کاروتنوئید: برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید از روش Lichtenthaler (۲۰) استفاده شد. براساس این روش ۰/۱ گرم بافت برگ ساییده شده توسط ازت مایع با ۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد مخلوط و به‌خوبی همگن شد. محلول حاصل توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردید. سپس حجم محلول با استون به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و شدت جذب آن درطول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر UV visible مدل Spector Flex 6600 خوانده شد. غلظت رنگیزه‌های کلروفیل *a*، *b* وکاروتنوئیدها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

$$Chl.a(mg/gFW)= 12.5\ A_{663} - 2.79\ A_{645}$$

$$Chl.b(mg/gFW)= 21.51\ A_{645} - 5.1\ A_{663}$$

$$Chl.Total(mg/gFW)= Chl.a + Chl.b$$

$$Car(mg/gFW)= (1000A_{470} - 1.8\ Chl.a - 85.02\ Chl.b)/198$$

اندازه‌گیری مقدار پرولین: ۰/۴گرم بافت تازه برگ ساییده‌شده توسط ازت مایع با ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسیدسولفوسالیسیلیک مخلوط و به‌خوبی همگن شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه در rpm ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ و از معرف ناین‌هیدرین طبق روش Bates و همکاران (۲۱) استفاده شد. جذب فاز رنگی فوقانی که حاوی تولوئن و پرولین است در ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و مقدار پرولین در هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد و بر حسب µM/gFW تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: این تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی با تعداد ۵ تیمار سیلیکون و یک گروه به‌عنوان شاهد انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ و آزمون ANOVA صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج

خلاصه تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات مختلف گیاه گاوزبان تحت تیمار سیلیکون در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد سیلیکون می‌تواند باعث بهبود رشد گیاه گاوزبان شود (شکل۱). نتایج مربوط به تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر وزن تر اندام هوایی و ریشه گیاه گاوزبان در شکل ۲ و ۳ آورده شده است. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، تاثیر سیلیکون بر وزن تر اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی دار بوده است و تیمار ۱/۵ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش ۳۵ درصدی وزن تر اندام هوایی و غلظت‌های ۲ و ۲/۵ میلی‌مولار به ترتیب باعث کاهش۳۲ و ۵۶ درصد این پارامتر نسبت به شاهد شدند. بیشترین کاهش وزن تر اندام هوایی در غلظت ۲/۵ میلی‌مولار مشاهده شد. تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر وزن تر ریشه در شکل ۳ آورده شده است. تیمار گیاهان با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون باعث افزایش ۹۱ درصدی وزن تر ریشه نسبت به شاهد گردید اما این افزایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. از طرف دیگر غلظت‌های۱، ۲و ۲/۵ میلی‌مولارسیلیکون به‌ترتیب باعث کاهش ۱۴، ۲۵ و۴۶ درصد وزن تر ریشه نسبت به گیاه شاهد شدند

Archive of SID

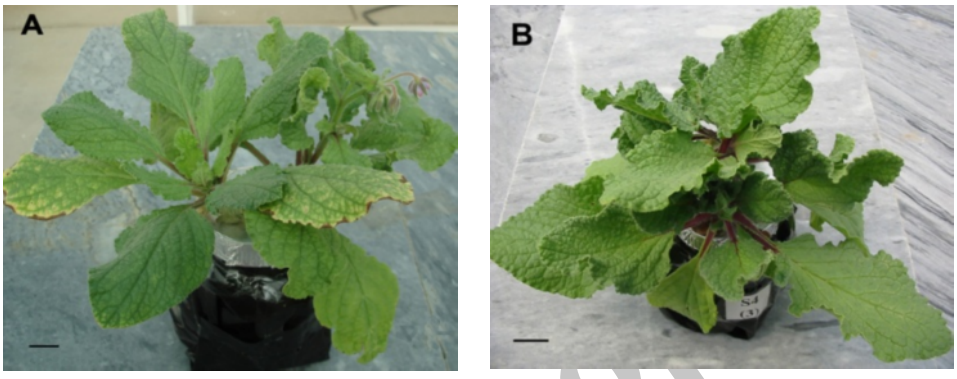
www.SID.ir

(شکل ۳).

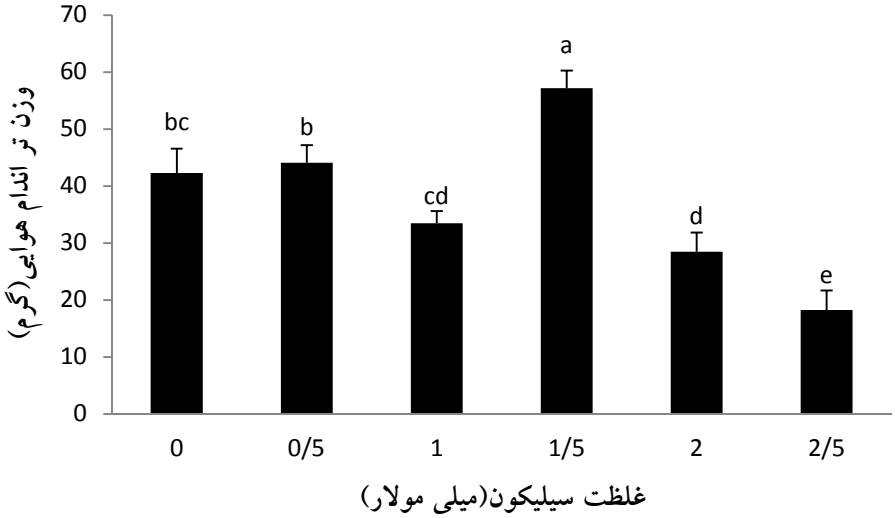
جدول۱: خلاصه تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی گیاه گاوزبان در تیمار سیلیکون

	میانگین مربعات										
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل کل	کاروتنوئید	پرولین	طول روزنه	عرض روزنه	شاخص روزنه
تیمار	5	552.89**	268.97**	3.305*	0.647*	5.918*	0.356*	1557.14**	150.99**	25.354**	72.507**
خطا	18	24.866	19.527	0.59	0.195	1.036	0.047	101.98	4.053	2.001	3.226
کل	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد*

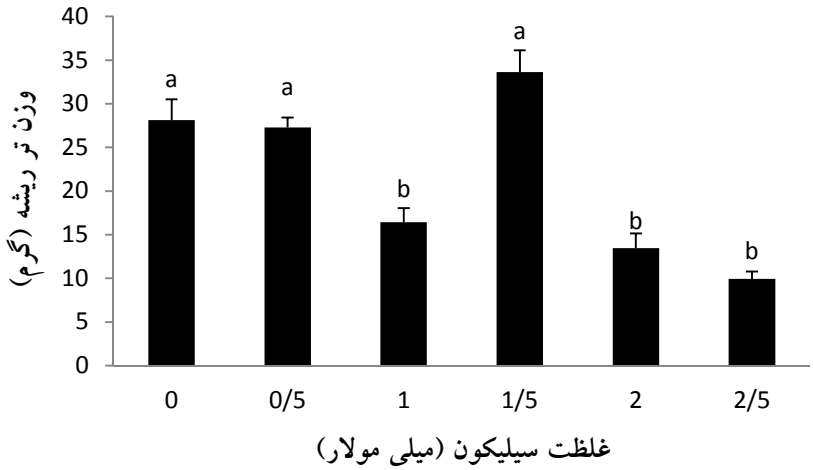


شکل ۱: گیاه گاوزبان رشد یافته در شرایط هیدروپونیک A) گیاه شاهد B) بهبود رشد گیاه در حضور غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون (مقیاس: ۱۰ میلی‌متر)



شکل۲: تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر وزن تر اندام هوایی. داده‌ها میانگین ۴ تکرار ± SD و حروف نامشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P\leq 0.05$) می‌باشد.

www.SID.ir



شکل ۳: تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر وزن تر ریشه. داده‌ها میانگین ۴ تکرار ± SD و حروف نامشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($P\leq 0.05$) می‌باشد.

در مشاهدات میکروسکوپی اپی‌درم سطح فوقانی و تحتانی برگ گاوزبان، اکثرا تیپ روزنه‌ای آنموسیتیک و به میزان کمتر تیپ آنیزوسیتیک دیده شد (شکل ۴- A). یکی از نتایج جالب توجه در شکل سلول‌های اپی‌درم برگ این بود که در حضور تیمار سیلیکون دیواره سلول‌های اپیدرمی حالت موج‌دار (مضرسی) شد (شکل ۴- B).

سطح برگ این گیاه در هر دو سطح فوقانی و تحتانی، پوشیده از کرک‌های محافظ تک‌سلولی است. هریک از کرک‌های محافظ توسط ۶ تا ۹ سلول پایه‌ای به اپی‌درم متصل می‌شوند (شکل ۴- C). نتایج مطالعات میکروسکوپ الکترونی نشان داد که تیمار گیاهان با غلظت ۲/۵ میلی‌مولار سیلیکون تأثیر بارزی بر ساختار کرک محافظ داشته و باعث شد که سلول‌های پایه کرک حالت دفورمه شده و از بین بروند (شکل ۴- D).

نتایج نشان داد که در غلظت‌های مختلف سیلیکون از نظر صفات مختلف روزنه از جمله طول و عرض روزنه تفاوت معنی‌داری وجود دارد و غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون باعث افزایش طول سلول روزنه در حدود ۳۰ درصد نسبت به شاهد شد. تیمار گیاهان با غلظت‌های ۰/۵، ۲ و ۲/۵ میلی‌مولار به‌ترتیب باعث۲۳، ۳۷ و۴۵ درصد کاهش در طول سلول روزنه نسبت به میانگین شاهد شد (شکل۵). تصویر میکروسوپ الکترونی SEM سلول روزنه در گیاه شاهد و تحت تیمار سیلیکون در شکل (۴-E و F) آورده شده است. تاثیر سیلیکون بر عرض سلول روزنه نشان داد که غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار به‌ترتیب باعث۲۴ و ۳۰ درصد افزایش عرض روزنه نسبت به تیمار شاهد شدند (شکل۵).

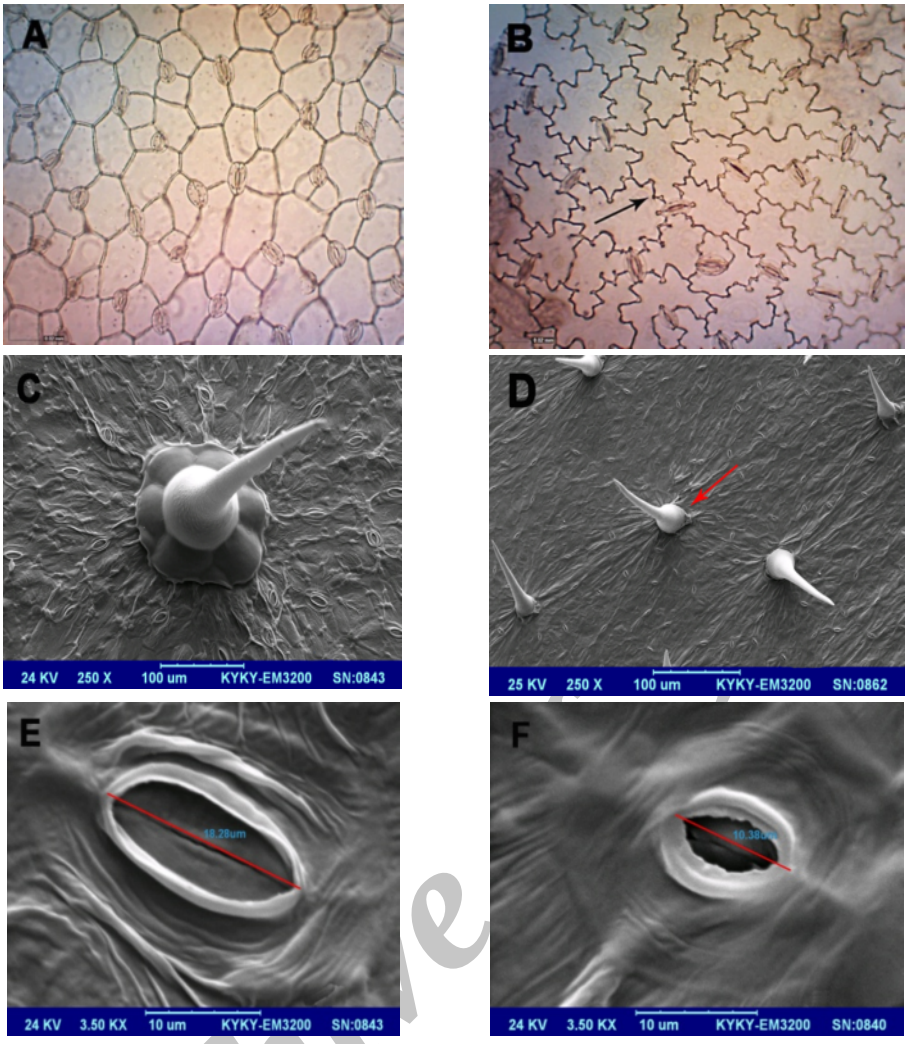
میانگین شاخص روزنه در تیمار شاهد و غلظت‌های مختلف سیلیکون تفاوت معنی‌داری داشتند به طوری که غلظت‌های ۱، ۱/۵ و۲ میلی‌مولار سیلیکون به‌ترتیب باعث ۱۲، ۲۱ و ۹ درصد افزایش در شاخص روزنه و غلظت ۲/۵ میلی‌مولار باعث ۱۱ درصد کاهش در شاخص روزنه نسبت به میانگین شاهد گردیدند (شکل۶).

بررسی محتوای کلروفیل در تیمارهای مختلف نشان داد که سیلیکون در غلظت‌های ۰/۵ و ۲ میلی‌مولار به ترتیب باعث ۳۹ و ۲۹ درصد کاهش در محتوای کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون باعث افزایش میزان کلروفیل a در حدود ۸ درصد نسبت به تیمار شاهد شد ولی این افزایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (شکل۷). با توجه به شکل ۷، محتوای کلروفیل b در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون نسبت به شاهد افزایش ۴۸ درصدی نشان داد. بررسی اثر سیلیکون بر کلروفیل‌کل نشان داد که تیمار ۱/۵ میلی‌مولار باعث افزایش ۲۳ درصد در میزان کلروفیل کل نسبت به شاهد شد که این افزایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. بررسی میزان کاروتنوئید در تیمارهای مختلف نشان داد که سیلیکون باعث کاهش معنی‌داری در میزان کاروتنوئید در تمامی غلظت‌ها به‌جز غلظت ۱/۵ میلی مولار شد.

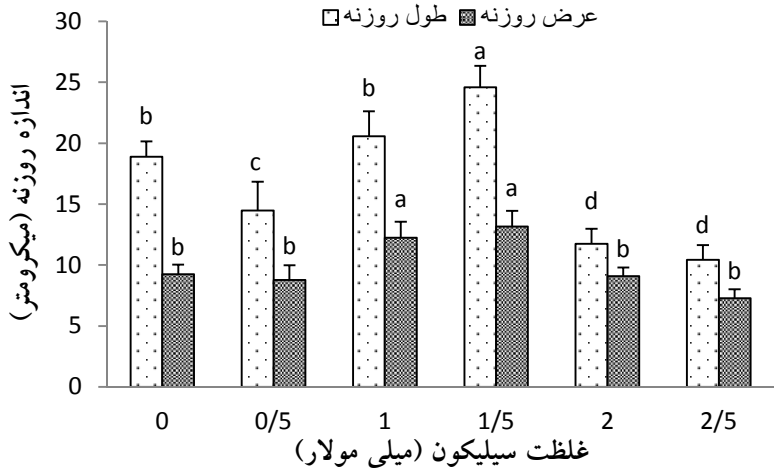
نتایج حاصل از اندازه‌گیری پرولین نشان داد که افزایش تجمع پرولین با افزایش غلظت سیلیکون از ۱/۵ میلی‌مولار معنی‌دار می‌باشد و بیشترین میزان تجمع پرولین مربوط به غلظت ۲/۵ میلی‌مولار سیلیکون بود (شکل۸).

Archive of SID

www.SID.ir

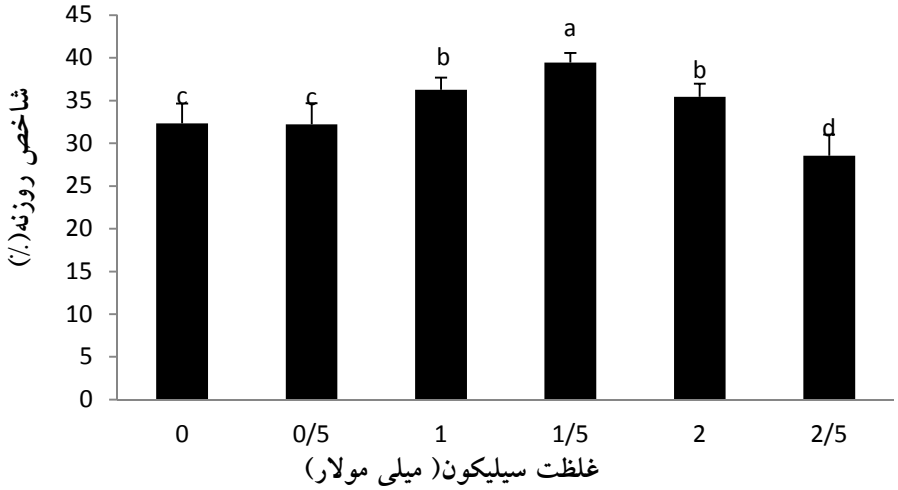


شکل۴: A) تصویر اپی‌درم تحتانی گیاه گاوزبان در گیاه شاهد B) تصویر سلول‌های اپی‌درمی با دیواره مضرسی در حضور سیلیکون (A و B بزرگنمایی 6400X). C) تصویر کرک محافظ در ریز نگاره الکترونی SEM/اپی‌درم تحتانی برگ گیاه شاهد D) تصویر کرک محافظ در ریز نگاره الکترونی SEM/اپی‌درم تحتانی برگ در تیمار ۲/۵ میلی‌مولار سیلیکون E) تصویر سلول روزنه در ریز نگاره الکترونی SEM/اپی‌درم تحتانی برگ گیاه شاهد F) تصویر سلول روزنه در ریز نگاره الکترونی SEM/اپی‌درم تحتانی برگ در تیمار ۲/۵ میلی‌مولار سیلیکون

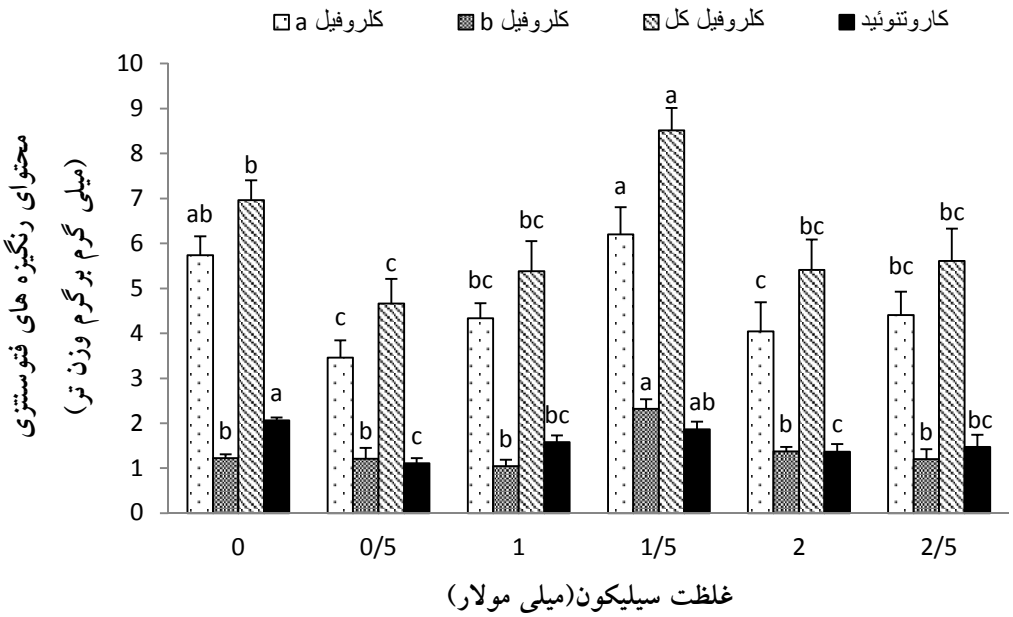


شکل ۵: تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر اندازه سلول روزنه. داده ها میانگین ۴ تکرار ± SD و حروف نامشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($P\leq 0.05$) می‌باشد.

www.SID.ir

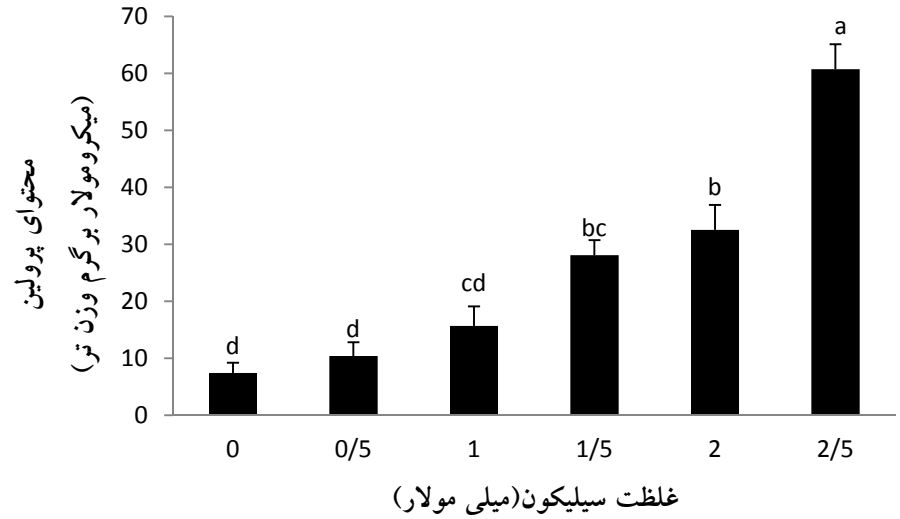


شکل ۶: تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر شاخص روزنه. داده‌ها میانگین ۴ تکرار ± SD و حروف نامشابه نشان دهنده اختلاف معنـی‌دار ($P\leq 0.05$) می‌باشد.



شکل ۷: تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ. داده‌ها میانگین ۴ تکرار ± SD و حروف نامشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($P\leq 0.05$) می‌باشد.

www.SID.ir



شکل ۸: تاثیر غلظت های مختلف سیلیکون بر میزان پرولین برگ. داده‌ها میانگین ۴ تکرار ± SD و حروف نامشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($P\leq 0.05$) می‌باشد.

بحث

رشد و نمو در گیاه یک فرایند ضروری برای زیست و گسترش گونه‌ها محسوب می‌شود. این دو فرایند به‌طور اساسی به منابع خارجی موجود در آب و خاک وابسته هستند. رشد نتیجه تعامل ژنوتیپ و محیط است که شامل شاخص‌های داخلی و خارجی می‌شود. فواید استفاده از سیلیکون با اثرات غیرمستقیم مختلف، ازجمله افزایش ظرفیت و راندمان فتوسنتز، کاهش تعرق و در نتیجه رشد بیشتر اندام هوایی گیاه در ارتباط است. در این آزمایش نشان داده شد که کاربرد سیلیکون در محلول غذایی باعث تغییراتی در رشد گیاه گاوزبان شد. Samuels و همکاران (۲۲) نشان دادند که افزایش رشد و عمل‌کرد گیاه در حضور سیلیکون از طریق بهبود توانایی مکانیکی ساقه و برگ‌ها در جذب نور و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد. Kamenidou و همکاران (۸) تاثیر سیلیکون بر خصوصیات مورفولوژیکی و نموی گل ژربرا را در شرایط کشت گلخانه بررسی نمودند و اثرات مثبت کاربرد سیلیکون به‌صورت Na_2Sio_3 در محیط کشت بر ارتفاع گیاه، ضخامت ساقه، اندازه گل‌ها و زمان گلدهی را گزارش کردند. همچنین Adatia و Besford (۲۳) تعدادی از اثرات مثبت سیلیکون بر رشد گیاه خیار، مانند ضخامت برگ، ماده خشک در واحد سطح برگ، میزان کوچک اما قابل توجهی افزایش وزن تر و خشک در ریشه، وگرایش کمتر برگ‌ها به پژمردگی گزارش کردند. با این وجود، کاهش رشد ریشه و اندام هوایی در برخی غلظت‌ها احتمالا به‌خاطر وجود مقادیر زیاد سیلیکون برای گیاه بوده که باعث کاهش رشد شده است. این کاهش رشد یا در نتیجه بلوغ زود هنگام سلول‌ها و به‌دنبال آن کاهش اندازه سلول‌ها و در نهایت اندازه گیاه است و یا در اثر اختلالاتی است که ممکن است مقادیر زیاد سیلیکون برای گیاه ایجاد کند. به‌نظر می‌رسد افزایش سیلیکون در محیط کشت باعث ایجاد تنش اسمزی در ریشه شده است که یکی از نتایج آن کاهش جذب آب توسط ریشه است. همسو با این مطلب kamenidou و همکاران (۷) هنگام استفاده از غلظت بالای سیلیکون در مکمل غذایی، تغییر شکل، کوتاهی قد و سایر اختلالات رشد گیاه آفتابگردان را مشاهده کردند.

در بررسی‌های آناتومیکی برگ گیاه گاوزبان در تیمار سیلیکون دو تغییر قابل توجه مشاهده شد. یکی مربوط به دیواره سلول‌های اپی‌درم برگ بود که به شکل مضرسی درآمد و دیگری تغییر در ساختار سلول‌های پایه کرک بود که درغلظت بالای سیلیکون مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد علت این تغییرات به‌دلیل رسوب سیلیکون درآپوپلاسم سلول‌های اپیدرمی وکرک‌ها باشد. نتایج مشابهی از رسوب سیلیکون در کرک‌های برگی و براکته‌های گل‌آذین گیاه گندم (۲۴) و کرک خیار (۲۲) گزارش شده است.

طبق نتایج به‌دست آمده، کاربرد سیلیکون باعث بهبود وضعیت روزنه شد و بر تراکم روزنه و شاخص روزنه تاثیر مثبت گذاشت. روزنه اندام اصلی تبادل گاز بین سلول‌های مزوفیل برگ و محیط در گیاهان آوندی است. گیاهان برای برقراری توازن بین ورود

www.SID.ir
Archive of SID

دی اکسیدکربن و خروج آب، در شرایط محیطی مختلف ابعاد روزنه و تراکم روزنه در واحد سطح خود را تنظیم می‌کنند. به‌نظر می‌رسد رسوب سیلیکون در برگ‌ها به‌ویژه در سلول‌های محافظ روزنه باعث تغییر طول و عرض روزنه می‌شود (۲۵). از طرف دیگر مطالعات Agarie و همکاران (۲۶) نشان داده است که سیلیکون انتقال یون به‌داخل سلول محافظ روزنه را تعدیل می‌کند. و از این طریق واکنش‌های نوری روزنه و حرکت روزنه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این پاسخ احتمالا توسط چهار پدیده مختلف شامل: ۱- دریافت سیگنال ۲- ایجاد شیب الکتروشیمیایی در سرتاسر غشا سلول روزنه ۳- جابجایی یون‌ها و به‌دنبال آن تغییرات در فشار اسمزی ۴- تنظیمات هیدرولیکی مرتبط با حرکات روزنه، میانجی‌گری می‌شود. سیلیکون تمامی این پدیده‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۶). همسو با این مطالب Putra و همکاران (۲۷) اثرات مثبت کاربرد سیلیکون در مکمل غذایی بر خصوصیات مورفولوژیکی روزنه از جمله طول و عرض روزنه و تراکم روزنه در گیاه *Musa* را گزارش کردند. با این وجود پاسخ‌های متفاوتی در برنج، گندم و ذرت مشاهده شد. طبق مطالعات انجام شده کاربرد سیلیکون در این گیاهان باعث کاهش اندازه روزنه و هدایت روزنه شد (۲۸و۲۹). بنابراین به‌نظر می‌رسد که شرایط کشت و ژنوتیپ گیاه نقش مهمی در پاسخ گیاهان به سیلیکون داشته باشد. یکی دیگر از دلایل پاسخ متفاوت این گیاهان این است که کاربرد سیلیکون در شرایط تنش و جهت افزایش مقاومت در این گیاهان بوده است.

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تحت تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون، میزان کلروفیل‌کل، کلروفیل a وb وکاروتنوئید تغییر یافت. به‌نظر می‌رسد تاثیر مثبت سیلیکون به‌دلیل رسوب آن در پهنای برگ، افزایش استحکام برگ‌ها، تاثیر بر فراساختار کلروپلاست (۳۰) و نیز افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ باشد که از این طریق توانایی گیاه برای استفاده موثرتر از نور را بالا می‌برد که این عامل خود باعث تحریک روزنه‌ها شده که دهانه آن‌ها بازتر شده و به‌دنبال آن باعث افزایش هدایت روزنه می‌شود. از جمله دلایل افزایش میزان کلروفیل در تیمار سیلیکون می‌توان به تاثیر سیلیکون در افزایش کارایی فتوسیستم II اشاره کرد که توسط Al-aghabary و همکاران (۵) در گیاه گوجه فرنگی گزارش شده است.

در بررسی نتایج مربوط به تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیکون بر گیاه گاوزبان غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سیلیکون، نه تنها باعث بهبود پارامترهای مورد بررسی نشد بلکه باعث کاهش برخی از این پارامترها نسبت به گیاه شاهد شد. به‌نظر می‌رسد که علت این مساله تفاوت در میزان جذب عنصرسیلیکون توسط گیاه باشد و به نوعی میزان جذب عنصر در این غلظت، کافی نبوده است. در واقع طبق نتایج پژوهش دانشمندان بر روی گیاهان مختلف، غلظت سیلیکون در محیط نقش مهمی در جذب آن توسط گیاه دارد (۳۱). در نهایت طبق نتایج به‌دست آمده، افزایش محتوای پرولین در تیمار سیلیکون مشاهده شد که این افزایش در غلظت‌های بالای سیلیکون مشهودتر بود. گگونانی و همکاران (۱۲) نیز افزایش مقدار پرولین درتیمار سیلیکون را گزارش کردند. اگر چه سازوکارهای موثر در این زمینه به‌طور کامل شناخته نشده است اما بر اساس نتایج پژوهش‌های قبل به نظر می‌رسد که تیمار گیاه با سیلیکون ممکن است به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم باعث القای ژن‌های مسیر بیوسنتز پرولین شده باشد و یا آن که فعالیت آنزیم‌های مسیر بیوسنتز آن‌ها را افزایش داده باشد (۳۲).

ازطرف دیگر با توجه به اینکه معمولا تجمع پرولین یک پاسخ فیزیولوژیکی به شرایط تنش اسمزی است، به‌نظر می‌رسد غلظت‌های بالای سیلیکون مناسب رشد گیاه نبوده است و به نوعی شبیه به یک عامل تنش‌زا عمل کرده است. پرولین به‌عنوان یک محافظت‌کننده اسمزی است و موجب فعال‌سازی پاسخ‌های متعددی درگیاه می‌شود و به این طریق از اجزای فرایندهای سازگاری محسوب می‌شوند. همچنین پرولین می‌تواند در اعمالی از جمله تنظیم پتانسیل ردوکس سلول، تثبیت فسفولیپیدهای غشا، تنظیم pH سلول، حفظ پروتئین‌ها و محافظت از آنزیم‌ها در مقابل دناتوره شدن نقش داشته باشد (۳۳).

نتیجه گیری

با توجه به اینکه پاسخ گیاهان به تیمار سیلیکون در طبیعت و محیط رشد آزمایشگاهی متفاوت است، بنابراین لازم است بهینه‌سازی غلظت سیلیکون قبل از تحقیقات مفصل صورت گیرد. علاوه بر این سیلیکون یک عنصر فعال زیستی است و گرچه مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اثرات مفید سیلیکون تحت شرایط تنش آشکارتر است اما سیلیکون همچنین نقش فعال در فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه دارد و ممکن است نقش مهمی در سنتز درون سلولی ترکیبات آلی داشته باشد. ازطرف دیگر اثرات سودمند سیلیکون به‌طور عمده با رسوب آن در بافت‌های گیاهی و افزایش قدرت و استحکام بافت‌ها همراه است.

Archive of SID

www.SID.ir

درکل به نظر می‌رسد بتوان از غلظت ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون در محلول غذایی برای بهبود رشد گیاه گاوزبان دارویی استفاده کرد.

منابع

1. Naghdi Badi H, Sorooshzadeh A, Rezazadeh S, Sharifi M, et al. Review on Borage (Valuable medicinal plant and the plant source of gamma linolenic acid). J Med Plants. 2007; 24:1-13.

2. Epstein E. "Silicon." Annu Rev Plant Physiol. 1999; 50: 641-644.

3. Ma JF, Yamaji N. Functions and transport of silicon in plants. Cell Mol Life Sci. 2008; 65:3049 – 3057.

4. Gong HJ, Chen KM, Chen GC, Wang SM, et al. Effects of silicon on growth of wheat under drought. J Plant Nutr. 2003; 26: 1055–1063.

5. Al-aghabary K, Zhu Z, Shi Q. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. J Plant Nutr. 2005; 27: 2101-2115.

6. Corrales I, Poschenrieder C, Barcello J. Influence of silicon pretreatment on aluminum toxicity in maize roots. Plant Soil. 1997; 199: 203- 209.

7.Kamenidou S, Cavins TJ, Marek S. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. Hortic Sci. 2008; 43(1): 236-239.

8. Kamenidou S, Cavins TJ, Marek S. Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. Hortic Sci. 2010; 123: 390–394.

9. Trenholm LE, Duncan RR, Carrow RN, Snyder GH. Influence of silica on growth, quality, and wear tolerance of seashore paspalum. J Plant Nutr. 2001; 24: 245-259.

10. Dakora FD, Nelwamondo A. Silicon nutrition promotes root growth and tissue mechanical strength in symbiotic cowpea. Func Plant Biol. 2003; 30: 947-953.

11. Chen W, Yao X, Cai K, Chen J. Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. Biol Trace Elem Res. 2011; 142(1): 67-76.

12. Gagoonani S, Enteshari S, Delavar K, Behyar M. Interactive effects of silicon and aluminum on the malondialdehyde (MDA), proline, protein and phenolic compounds in *Borago officinalis* L. J Med Plants Res. 2011; 5(24): 5818-5827.

13. Ahmed M, Hassen F, Khurshid Y. Does silicon and irrigation have impact on drought tolerance mechanism of sorghum? Agr Water Manage. 2011; 98(12): 1808-1812.

14. Ma JF, Yamaji N. Functions and transport of silicon in plants. Cell Mol Life Sci. 2008; 65: 3049–3057.

15. Kim YH, Khan AL, Hamayun M, Kang SM, et al. Influence of short-term silicon application on endogenous physiohormonal levels of *Oryza sativa* L. under wounding stress. Biol Trace Elem Res. 2011;144: 1175-1185.

16. Mitani N, Yamaji N, Ma JF. Characterization of substrate specificity of a rice silicon transporter, Lsi1. Eur J Phys. 2008; 456: 679-686.

17. Zorb C, Schmitt S, Neeb A, Karl S, et al.The biochemical reaction of maize (*Zea mays* L.) to salt stress is characterized by a mitigation of symptoms and not by a specific adaptation.Plant Sci. 2004; 167: 91-100.

18. Royer DL. Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO_2 concentration .Rev palaeobot palyno. 2001; 114:1-28.

19. Xiang CL, Dong ZH, Peng H, Liu ZW. Trichome micromorphology of the East Asiatic genus Chelonopsis (Lamiaceae) and its systematic implications. Flora. 2010; 205: 434-441.

20. Lichtenthaler HK. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Method Enzymol. 1987; 148: 350-382.

21. Bates S. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 1973; 39: 205–207.

22. Samuels AL, Glass ADM, Ehret DL, Menzies JG. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: Changes in surface characteristics. Ann Bot-London. 1993; 72: 433-440.

23. Adatia MH, Besford RT. The effect of silicon in cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. Ann Bot. 1986; 58(3): 343-351.

24. Rafi MM, Epstein E, Falk RH. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). J Plant Physiol. 1997; 151: 497–501.

25. Morikawa CK, Saigusa M. Mineral composition and accumulation of silicon in tissues of blueberry (*Vaccinum corymbosus* cv. Bluecrop) cuttings.Plant Soil. 2004; 258(1): 1-8.

26. Agarie S, Uchida H, Agata W, Kubota F, et al. Effect of silicon on transpiration and leaf conductance in rice plants (*Oryza sativa* L.). Plant Prod Sci. 1998; 1: 89-95.

Archive of SID

www.SID.ir

27. Putra ETS, Zakaria W, Abdullah NAP, Saleh GB. Stomatal Morphology, Conductance and Transpiration of Musa sp.ev. Rastali in Relation to Magnesium, Boron and Silicon Availability. Am J Plant Physiol. 2012; 7(2): 84-96.

28. Zuccarini P. Effect of silicon on photosynthesis, water relation and nutrient uptake of Phaseolus vulgaris under NaCl stress.Biol Plantarum. 2008; 52(1): 157-160.

29. Gao X, Zou C, Wang L, Zhang F. Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. Plant Nutr. 2008; 29: 1637-1647.

30. Liang YC. Effects of Si on leaf ultrastruture, chlorophyll content and photosynthetic activity in barley under salt stress. Pedosphere.1998; 8(4): 289-296.

31. Liang Y, Hua H, Zhu YG, Zhang J, et al. Importance of plant species and external siliconaconcentration to active silicon uptake and transport. New Phytol. 2006; 172: 63–72.

32. Kauss H, Seehaus K, Franke R, Gilbert S, et al. Silica deposition by a stongly cationic proline-rich protein from systemically resistant cucumber plants. Plant J. 2003; 33(1): 87-95.

33. Chen THH, Murata N. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. Curr Opin Plant Biol. 2002; 5: 250-257.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Cell & Tissue (JCT)
Autumn 2013; 4(3): 275-285

Original Article

Study of Effect of Silicon on Some Anatomical and Physiological Characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.) in Hydroponic Conditions

Torabi F. Ph.D. Student [1*], Majd A. Ph.D. [1, 2], Enteshari Sh. Ph.D.[3], Irian S. Ph.D.[1]

1. Department of Plant Biology, Faculty of Biological sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

2. Department of Biology, Faculty of Biological sciences, North Tehran Branch of Islamic Azad University, Tehran, Iran

3. Department of Biology, Payame Noor University, 19395-4697-Tehran, Iran

* Email corresponding author: firouzeh.torabi@yahoo.com

Received: 16 Dec. 2012 Accepted: 7 May. 2013

Abstract

Aim: Study of different factors affecting on improvement of growth and development of medicinal plants is very important. Inorganic elements are considered as those affecting factors. The aim of this research was to study the effects of different silicon concentrations on anatomical and developmental characteristics and some growth parameters of borage (*Borago officinalis* L.) in hydroponic conditions.

Material and Methods: The effects of different concentrations of silicon on anatomical features of epidermis and stomata cells and some growth parameters including quantity of photosynthetic pigments and proline in borage were studied. To this end, a hydroponics experiment was conducted randomly with different amounts of silicon including 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 mM in four replications in greenhouse conditions.

Results: The results showed that 1.5 mM silicon resulted in a significant increase in stomata length and width, and stomatal index in borage leaf comparing with control and other treatments. Also application of 1.5 mM silicon showed positive effects on fresh weight of shoot and total chlorophyll content of plants compared with control. However it seems that silicon in high concentrations had negative effect on growth and anatomical attributes of the plant.

Conclusion: According to study of physiological and anatomical results, positive effects of silicon on pharmaceutical borage are just observed in appropriate and endurable concentrations for the plant.

Keywords: Borage *(Borago officinalis* L.), Hydroponic, Silicon

Archive of SID

www.SID.ir